



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 643 082 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.04.2006 Patentblatt 2006/14

(51) Int Cl.:
F01D 5/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04023350.4**

(22) Anmeldetag: **30.09.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

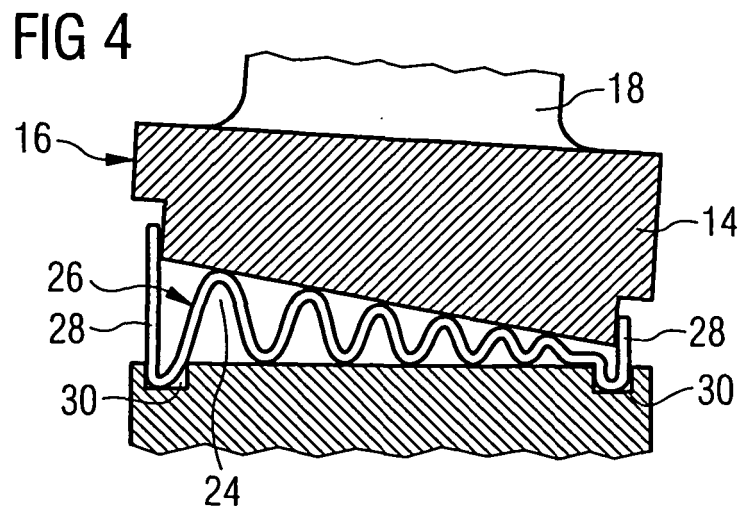
(72) Erfinder:
• **Hopkinson, Derek
DH3 4DG Co. Durham (GB)**
• **Richter, Christoph, Dr.
49477 Ibbenbüren (DE)**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(54) **Schaufelbefestigung einer Turbine**

(57) Es wird eine Schaufelbefestigung (10) einer Turbine mit einem Schaufelhalter (12) vorgestellt, an dem in einer Nut (22) ein Schaufelfuß (14) einer Schaufel (16) eingeschoben ist, wobei zwischen dem Schaufelfuß (14)

und dem Schaufelhalter (12) ein sich im Wesentlichen über die gesamte Länge der Nut (22) erstreckender Keil (26) eingesetzt ist, der aus einem Material oder in einer Form gestaltet ist, mit dem/der er in Querrichtung der Nut (22) als Federelement wirkt.



EP 1 643 082 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaufelbefestigung einer Turbine, insbesondere einer Dampf- oder Gasturbine, mit einem Schaufelhalter, an dem in einer Nut ein Schaufelfuß einer Schaufel eingeschoben ist.

[0002] Schaufelbefestigungen der oben genannten Art werden in der Regel zum Befestigen von Laufschaufeln an einer Welle der Turbine verwendet, die dann bei Rotation der Welle mit hoher Geschwindigkeit umlaufen. Durch die schnelle Rotation der Welle werden die zugehörigen Laufschaufeln einer hohen Fliehkraft unterworfen. Der Schaufelfuß der Schaufeln ist daher hohen Kräften ausgesetzt und wird in der Nut am Schaufelhalter stark radial nach außen gedrängt. Darüber hinaus sind die Schaufeln auch starken Schwingungsbelastungen ausgesetzt, so dass es an der Nut zu mechanischen Beschädigungen, Materialermüdung, Korrosion und einer Wanderbewegung des Schaufelfußes innerhalb der Nut kommen kann.

[0003] Zum Festlegen des Schaufelfußes innerhalb der Nut sind verschiedene Lösungen, wie beispielsweise Metallkeile, Federringe oder Abdichtungsstücke bekannt. Metallkeile stellen zwar sowohl axial als auch radial eine Arretierung des zugehörigen Schaufelfußes innerhalb einer Nut her, bei großen Schaufeln ist es mit solchen Metallkeilen aber schwierig, dass während der Rotation der Schaufel ausreichend Haltekräfte in radialer Richtung erzeugt werden. Tellerfedern erzeugen lediglich radiale Haltekräfte und erfordern zusätzlichen Aufwand für eine Arretierung in Längsrichtung der zugehörigen Nut. Ferner sind für Tellerfedern während der Montage aufwändige Messungen erforderlich. Als Abdichtungsstücke müssen immer zwei Teile vorgesehen sein, deren Montage darüber hinaus teilweise der Bearbeitung der Teile von Hand bedarf.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Schaufelbefestigung einer Turbine der eingangs genannten Art bereitzustellen, bei der über einen langen Betriebszeitraum hinweg eine präzise und schwingungsarme Halterung von Schaufeln in zugehörigen Schaufelhaltern sicher gestellt ist.

[0005] Die Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einer gattungsgemäßen Schaufelbefestigung gelöst, bei der zwischen dem Schaufelfuß und dem Schaufelhalter ein sich im Wesentlichen über die gesamte Länge der Nut erstreckender Keil eingesetzt ist, der aus einem Material oder in einer Form gestaltet ist, mit dem/der er in Querrichtung der Nut als Federelement wirkt.

[0006] Mit dem erfindungsgemäß gestalteten Keil wird auf den Schaufelfuß im Wesentlichen über die gesamte Länge der Nut hinweg eine federnde Vorspannung erzeugt, indem durch das Material oder die Form des Keils ein Halteelement geschaffen ist, welches quer zur Nut eine geringe Federkonstante aufweist. Diese geringe Federkonstante sichert das Vorhandensein von Haltekräften in der Nut sowohl bei Bedingungen, unter denen sich der Schaufelfuß radial bewegt, als auch bei thermischen

Veränderungen der Welle bzw. des Rotors der Turbine oder der Schaufel.

[0007] Auf diese Weise wird mit dem erfindungsgemäß gestalteten Keil über einen vergleichsweise großen Federweg hinweg eine Federkraft erzeugt, selbst wenn sich der Schaufelfuß wegen einer Vergrößerung des Durchmessers der Welle, einer Vergrößerung des Passungsspiels des Schaufelfußes in der Nut und/oder einem möglichen Herausgleiten von geneigten Schaufelfußflanken in der Nut radial nach außen bewegt. Diese Wirkung ergibt sich insbesondere bei axial gerichteten Nuten, wobei aufgrund der Länge des erfindungsgemäßen Keils die Wirkung sich vorteilhaft auch über die gesamte Länge der Nut erstreckt.

[0008] Erfindungsgemäß werden Schwingungen der Schaufel am Schaufelfuß vermieden, wodurch die Gefahr mechanischer Beschädigungen und das Entstehen von Korrosion verringert ist. Ferner wird die Tendenz zu einer Bewegung des Schaufelfußes innerhalb der Nut verringert.

[0009] Damit mit dem erfindungsgemäßen Keil insbesondere in Radialrichtung die gewünschten Spannkraft und Haltekräfte auch bei hoher Wellendrehzahl erzielt werden, sollte der erfindungsgemäße Keil vorteilhaft an der Unterseite des Schaufelfußes eingesetzt sein.

[0010] Die genannte Wirkung als Federelement kann konstruktiv gut variiert werden, indem der erfindungsgemäße Keil zumindest einseitig mit einer strukturierten Oberfläche gestaltet ist. Die strukturierte Oberfläche kann beim Einsetzen des Keils elastisch verformt und dadurch eine federnde Vorspannung des Keils in der Nut erzeugt werden. Besonders ausgeprägt wird diese Wirkung, indem der erfindungsgemäße Keil an einander gegenüberliegenden Seiten mit einer strukturierten Oberfläche gestaltet wird.

[0011] Die genannte Federwirkung in Querrichtung der Nut und insbesondere in Radialrichtung der zugehörigen Turbinenwelle kann ferner vorteilhaft durch ein Formgebung am Keil erzielt werden, mit der der Keil beim Einschleiben in die Nut in Längsrichtung der Nut gezielt komprimiert und dabei in Querrichtung der Nut vorgespannt wird.

[0012] Eine vergleichsweise einfach herzustellende Formgebung für den Keil ist dabei eine Wellenform in Längsrichtung des Keils, welche zumindest abschnittsweise durch einen vergleichsweise kostengünstigen Pressvorgang hergestellt werden kann.

[0013] Alternativ oder zusätzlich kann dem erfindungsgemäßen Keil in Längsrichtung zumindest abschnittsweise im Wesentlichen eine Zick-Zack-Form gegeben sein. Eine solche Form weist im Vergleich zu einer Wellenform in der Regel eine etwas höhere Steifigkeit in Querrichtung des Keils auf.

[0014] Ferner ist an der erfindungsgemäßen Schaufelbefestigung vorteilhaft eine keilförmige Aussparung zum Aufnehmen und zum Führen des Keils in Längsrichtung der Nut vorgesehen. Eine solche Führung ist insbesondere bei Nuten von Vorteil, welche nicht rein ge-

radlinig sind, sondern gekrümmt.

[0015] Damit über die Länge des erfindungsgemäßen Keils hinweg gleichmäßig starke Spannkkräfte erzielt werden, ist es vorteilhaft, wenn die Keilneigung der genannten Aussparung zumindest abschnittsweise der Keilneigung des Keils selbst entspricht.

[0016] Darüber hinaus weist der Keil vorteilhaft an mindestens einem seiner Enden einen Überstand auf, mit dem außen am Schaufelfuß eine formschlüssige Halterung für den Keil und/oder den Schaufelfuß selbst an dem Schaufelhalter geschaffen ist. Der derartige Überstand verhindert ein Bewegen des Schaufelfußes innerhalb der Nut in deren Längsrichtung und führt ferner zu einer Festlegung der Lage des Keils.

[0017] Der Überstand ist ferner vorteilhaft an beiden Enden des erfindungsgemäßen Keils vorgesehen, so dass ein Wandern des Schaufelfußes innerhalb der Nut zu beiden Nutenden hin verhindert ist.

[0018] Der genannte Überstand ist schließlich auch vorteilhaft derart gestaltet, dass er über einen Abschnitt des Schaufelfußes und einen Abschnitt des Schaufelhalters im Wesentlichen in Querrichtung der Nut gebogen ist. Damit der erfindungsgemäße Keil ferner nicht durch ein mögliches Wandern des Schaufelfußes auf Zug belastet wird, sollte der Überstand derart gebogen sein, dass der Überstand selbst am Schaufelhalter kraftschlüssig oder formschlüssig festgelegt ist. Eine solche Festlegung ist beispielsweise möglich, indem der Überstand doppelt gebogen in eine Aussparung des Schaufelhalters hineingeschoben ist.

[0019] Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit der erfindungsgemäßen Schaufelbefestigung über einen großen Federweg hinweg Spannkkräfte erzeugt und damit eine dauerhafte Halterung des Schaufelfußes innerhalb der zugehörigen Nut selbst unter Rotation der zugehörigen Turbinenwelle erreicht wird. Weil für die erfindungsgemäße Lösung lediglich ein einzelnes Keilelement erforderlich ist, kann sie sehr kostengünstig hergestellt und montiert werden. Es bedarf in der Regel keiner Messungen oder Anpassungen des erfindungsgemäß gestalteten Keils und der umgebenden Bauelemente. Darüber hinaus kann der erfindungsgemäß gestaltete Keil auch wieder vergleichsweise leicht demontiert werden, weil er z.B. durch ein Ziehen in Längsrichtung der Nut gestreckt wird und dadurch seine federnde Vorspannung in Querrichtung der Nut verringert. Der erfindungsgemäße Keil erzeugt insbesondere sowohl in radialer als auch in axialer Richtung Haltekräfte, wobei dies mit nur einem einzigen Bauelement geschieht.

[0020] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaufelbefestigung anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine teilweise aufgebrochene perspektivische Ansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Schaufelbefestigung,

Fig. 2 eine Draufsicht eines Keils der Schaufelbefestigung gemäß Fig. 1,

Fig. 3 eine Seitenansicht des Keils der Schaufelbefestigung gemäß Fig. 1 und

Fig. 4 den Schnitt IV-IV in Fig. 1.

[0021] In den Figuren ist eine Schaufelbefestigung 10 von einer weiter nicht veranschaulichten Turbine dargestellt, bei der an einem Schaufelhalter 12 an einer Welle der Turbine ein Schaufelfuß 14 gehalten ist. Der Schaufelfuß 14 ist Teil einer Schaufel 16, von der ein Schaufelblatt 18 im Wesentlichen radial von der Welle und damit senkrecht vom Schaufelfuß 14 absteht.

[0022] Der Schaufelfuß 14 ist mit einem tannenbaumähnlichen Profil 20 gestaltet, welches in eine im Schaufelhalter 12 ausgeformte gebogene Nut 22 eingeschoben ist. Am Boden der Nut 22 befindet sich zwischen dem eingeschobenen Schaufelfuß 14 und dem Schaufelhalter 12 eine sich im Wesentlichen über die gesamte Länge der Nut 22 erstreckende keilförmige Aussparung 24 in dem Schaufelfuß 14, in welche ein Keil 26 eingeschoben ist.

[0023] Der Keil 26 dient zum Festlegen des Schaufelfußes 14 innerhalb des Schaufelhalters 12 und soll dabei insbesondere auch dann Haltekräfte erzeugen, wenn der Schaufelfuß 14 aufgrund einer hohen Drehzahl der Welle und damit entstehenden hohen Fliehkräften am Schaufelblatt 18 stark in radialer Richtung gedrängt wird.

[0024] Diese Haltefunktion des Keils 26 ist dadurch gewährleistet, dass dieser aus einem metallischen Grundmaterial, beispielsweise einem Federstahl ausgebildet und über seine Längserstreckung hinweg mit einer Wellenform gestaltet ist. Die Wellenform führt an zwei aneinander gegenüberliegenden Seiten des Keils 26 jeweils zu einer strukturierten Oberfläche, welche einzeln betrachtet jeweils Stege und Vertiefungen aufweisen. Die derartigen Stege werden beim Einschieben des Keils 26 in die Aussparung 24 derart gegen die benachbarten Bauteile gepresst, dass mit dem Keil 26 insbesondere in Querrichtung der Nut 22 eine federnde Vorspannung erzeugt wird. Diese Vorspannung bleibt über einen vergleichsweise großen Federweg hinweg erhalten, so dass der Keil 26 an dem Schaufelfuß 14 im Wesentlichen über die gesamte Länge der Nut 22 hinweg als Federelement wirkt.

[0025] An seinen Endabschnitten ist der Keil 26 jeweils mit einem nicht wellenförmig ausgebildeten Überstand 28 gestaltet, welche, wie in Fig. 4 veranschaulicht ist, jeweils in eine am Schaufelhalter 12 ausgebildete Vertiefung 30 eingepresst und dann in Richtung zum Schaufelfuß 14 gebogen sind. Mit den derart in die Vertiefungen 30 eingefügten Überständen 28 ist verhindert, dass der Keil 26 bei einer möglichen Wandertendenz des Schaufelfußes 14 innerhalb der Nut 22 aus der Aussparung 24 herausgezogen wird. Durch ein Ziehen am Keil 26 würde nämlich dessen federnde Vorspannung reduziert, seine

Haltekraft verringert und damit die Wandertendenz des Schaufelfußes 14 unter Umständen sogar gefördert werden.

Patentansprüche

1. Schaufelbefestigung (10) einer Turbine, insbesondere einer Dampf- oder Gasturbine, mit einem Schaufelhalter (12), an dem in einer Nut (22) ein Schaufelfuß (14) einer Schaufel (16) eingeschoben ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen dem Schaufelfuß (14) und dem Schaufelhalter (12) ein sich im Wesentlichen über die gesamte Länge der Nut (22) erstreckender Keil (26) eingesetzt ist, der aus einem Material oder in einer Form gestaltet ist, mit dem/der er in Querrichtung der Nut (22) als Federelement wirkt. 10
2. Schaufelbefestigung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Keil (26) an der Unterseite des Schaufelfußes (14) eingesetzt ist. 15
3. Schaufelbefestigung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Keil (26) zumindest einseitig mit einer strukturierten Oberfläche gestaltet ist. 20
4. Schaufelbefestigung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Keil (26) derart geformt ist, dass er beim Einschieben in die Nut (22) in Längsrichtung der Nut (22) gezielt komprimiert und dabei in Querrichtung der Nut (22) vorgespannt wird. 25
5. Schaufelbefestigung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Keil (26) in Längsrichtung der Nut (22) zumindest abschnittsweise im Wesentlichen wellenförmig gestaltet ist. 30
6. Schaufelbefestigung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Keil (26) in Längsrichtung der Nut (22) zumindest abschnittsweise im Wesentlichen zick-zack-förmig gestaltet ist. 35
7. Schaufelbefestigung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine keilförmige Aussparung zum Aufnehmen des Keils (26) und zum Führen des Keils (26) in Richtung der Nut (22) vorgesehen ist. 40
8. Schaufelbefestigung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Keilneigung der Aussparung (24) zumindest abschnittsweise im Wesentlichen der Keilneigung des Keils (26) entspricht. 45
9. Schaufelbefestigung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Keil (26) an mindestens einem seiner Enden einen Überstand (28) aufweist, mit dem außen am Schaufelfuß (14) eine formschlüssige Halterung für den Keil (26) und/oder den Schaufelfuß (14) an dem Schaufelhalter (12) geschaffen ist. 50
10. Schaufelbefestigung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Keil (26) einen Überstand (28) aufweist, welcher über einen Abschnitt des Schaufelfußes (14) und einen Abschnitt des Schaufelhalters (12) im Wesentlichen in Querrichtung der Nut (22) gebogen ist. 55

FIG 1

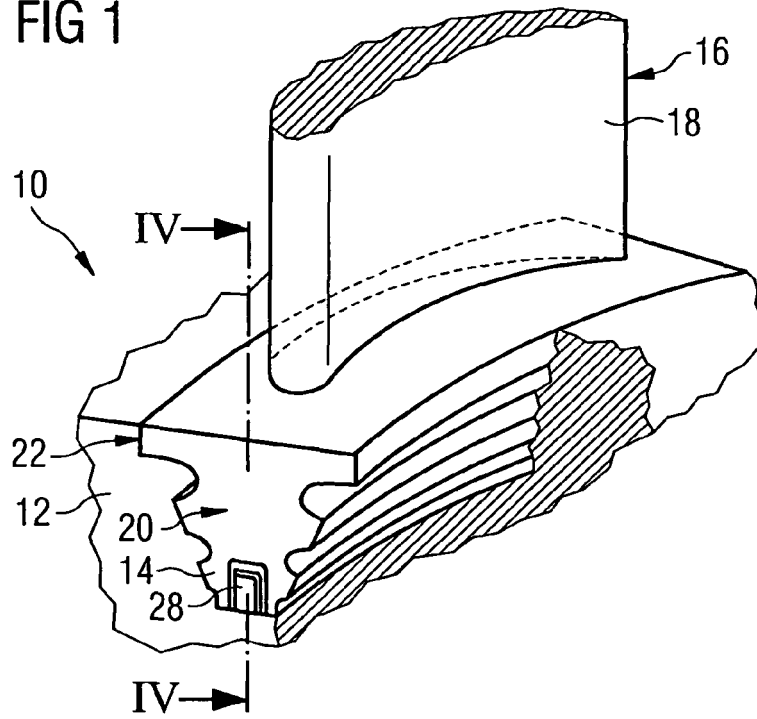


FIG 2

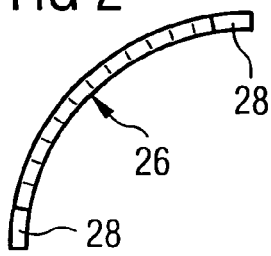


FIG 3

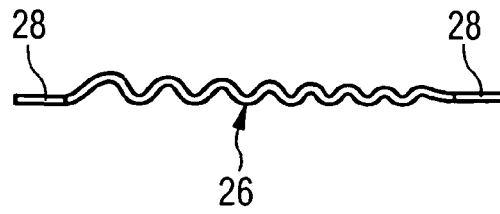
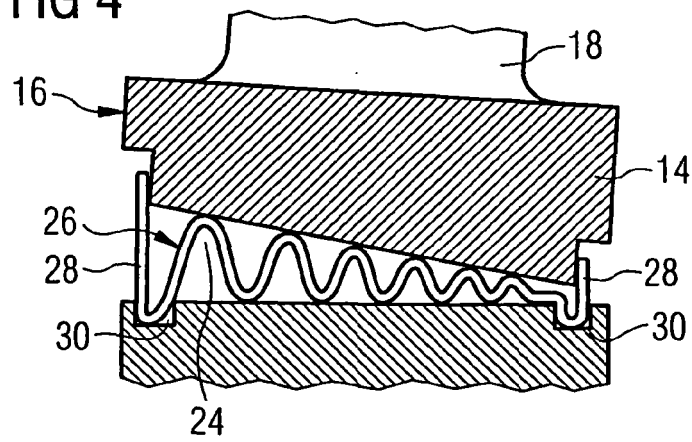


FIG 4





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	WO 03/100220 A (ABB TURBO SYSTEMS AG; KAESTLI, DANIEL; BAETTIG, JOSEF) 4. Dezember 2003 (2003-12-04) * Seite 8, Absatz 2 * * Abbildungen 3-5 *	1-3,5,9,10	F01D5/32
X	DE 32 36 021 A1 (BBC AKTIENGESELLSCHAFT BROWN,BOVERI & CIE; BBC BROWN BOVERI AG, BADEN,) 19. Mai 1983 (1983-05-19) * Anspruch 3 * * Seite 6, Zeile 5 - Seite 7, Zeile 9 * * Seite 9, Zeile 14 - Zeile 23 *	1-6	
X	US 5 584 659 A (SCHMIDT ET AL) 17. Dezember 1996 (1996-12-17) * Spalte 3, Zeile 23 - Spalte 4, Zeile 12 *	1-3,7-10	
X	US 2004/062653 A1 (DI PAOLA FRANCO ET AL) 1. April 2004 (2004-04-01) * Absätze [0023], [0024] *	1-3,5,9	
X	DE 198 23 157 A1 (ASEA BROWN BOVERI AG, BADEN) 25. November 1999 (1999-11-25) * Spalte 3, Zeile 27 - Zeile 47 *	1-3,5,6,9,10	F01D
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 010, Nr. 323 (M-531), 5. November 1986 (1986-11-05) -& JP 61 129405 A (HITACHI LTD), 17. Juni 1986 (1986-06-17) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,3 *	1-3,5	
A	DE 15 51 211 A1 (SIEMENS AG) 12. Februar 1970 (1970-02-12) * Seite 5 *	1,4	

-/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 2. März 2005	Prüfer Steinhauser, U
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03-82 (P04C03)



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 2 942 842 A (HAYES JOHN R) 28. Juni 1960 (1960-06-28) * Spalte 2, Zeile 36 - Spalte 3, Zeile 9 * -----	1,7-9	
			RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 2. März 2005	Prüfer Steinhauser, U
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 02 3350

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-03-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03100220	A	04-12-2003	WO 03100220 A1 EP 1507958 A1	04-12-2003 23-02-2005
DE 3236021	A1	19-05-1983	CH 655547 B	30-04-1986
US 5584659	A	17-12-1996	DE 4430636 A1 DE 59501325 D1 EP 0699824 A1	14-03-1996 26-02-1998 06-03-1996
US 2004062653	A1	01-04-2004	WO 2004029417 A1	08-04-2004
DE 19823157	A1	25-11-1999	KEINE	
JP 61129405	A	17-06-1986	KEINE	
DE 1551211	A1	12-02-1970	BE 700439 A NL 6709800 A	01-12-1967 22-01-1968
US 2942842	A	28-06-1960	GB 805319 A	03-12-1958

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82